Energy, Mines and Resources Canada

Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

Mining Research Laboratories

Laboratoires de recherche minière

Canada

CARACTÉRISATION GÉOTOMOGRAPHIQUE DU PILIER DE SURFACE DE LA MINE SIGMA, VAL D'OR, QUÉBEC: Planification des forages et estimé des coûts

Anne Cinq-Mars

MRL 90-2 (TR) Janvier 1990

This document is an unedited interim report prepared primarily for discussion and internal reporting purposes. It does not represent a final expression of the opinion of the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET)

Le document est un rapport provisoire non révisé rédigé à la seule fin de discussion et de documentation interne. Il ne représente pas l'opinion définitive du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET)

MICROMEDIA

21 pp

90-06011/

CARACTÉRISATION GÉOTOMOGRAPHIQUE DU PILIER DE SURFACE DE LA MINE SIGMA, VAL D'OR, QUÉBEC: Planification des forages et estimé des coûts

Anne Cinq-Mars*

RÉSUMÉ

La mine Sigma située près de Val d'Or, Québec, désire récupérer un pilier de surface. La géotomographie séismique compte être utilisée afin de définir la qualité du roc et délimiter les anciens chantiers qui circonscrivent le pilier.

Ce rapport présente le patron de forages ainsi que les coûts associés à la campagne géotomographique prévue pour mai 1990.

Mots-clés: Géotomographie, pilier de surface, mine Sigma

* Chercheur en sciences physiques, Laboratoire canadien de technologie minière, Laboratoire de recherche minière, CANMET, Énergie, Mines et Resources Canada, Ottawa, Ont., Canada.

GEOTOMOGRAPHIC SURVEY OF A SURFACE CROWN PILLAR AT SIGMA MINE, VAL D'OR, QUÉBEC: Borehole layout and cost estimation

Anne Cinq-Mars*

ABSTRACT

Sigma Mine located in Val d'Or, Québec, wants to mine a surface crown pillar. A geotomographic survey will be utilized in order to define the rock quality and to locate the old openings that surround the pillar.

The report discusses the borehole layout and the costs associated to the geotomographic campaign, planned for may 1990.

Keywords: Geotomography, surface crown pillar, Sigma mine.

* Physical Scientist, Canadian Mine Technology Laboratory, Mining Research Laboratories, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa, Ont. Canada.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ i

ABSTRACT ii

1. INTRODUCTION 1

2. GÉOLOGIE 2
   2.1 Géologie régionale 2
   2.2 Géologie locale 3
   2.3 Structure 5

3. INVESTIGATION DU SITE 6
   3.1 Localisation du pilier de surface 6
   3.2 Travaux séismiques antérieurs 6

4. CAMPAGNE GÉOTOMOGRAPHIQUE 7

5. COÛTS ASSOCIÉS AUX CAMPAGNES DE FORAGE ET DE TERRAIN 8

REMERCIEMENTS 11

RÉFÉRENCES 11

ANNEXE 1 Calcul du nombre de traces et détonateurs par plan à couvrir 15

TABLEAUX

1. Coûts associés à la campagne de forage 8

2. Coûts associés à la campagne de géotomographie 10

FIGURES

1. Carte de localisation et géologie régionale de la région de Val d'Or d'après Robert et al., 1983) 12

2. Géologie de surface à la mine Sigma (d'après Robert et al., 1983) 12

3. Vue en plan de pilier de surface 13

4. Localisation des forages pour la campagne de géotomographie 14

1. INTRODUCTION

La mine Sigma située près de Val d'Or, Québec, désire récupérer le pilier de surface qui coiffe le chantier 102-W-CM. On compte utiliser la géotomographie séismique qui permet de définir la qualité du roc et permet de délimiter les zones minéralisées et les cavités présentes, et ce en trois dimensions.

La géotomographie est une méthode géophysique relativement nouvelle qui possède très peu d'application dans le domaine minier. Les laboratoires de recherche minière de CANMET et le Dr. Paul Young de Queen's University, à Kingston (Ontario), concentrent leur recherche sur cette nouvelle technique.

La campagne de tomographie à la mine Sigma permettra:

· de définir la qualité du roc du pilier de surface que la mine désire exploiter (délimiter les structures présentes),

· de délimiter les anciens chantiers qui circonscrivent le pilier à l'étude.

Une reconnaissance du pilier de surface à la mine Sigma fut réalisée en septembre 1987 (contrat 7-9153 entre Queen's University et CANMET) dans le but:

· d'identifier le niveau du signal parasite, vu la proximité des sources de bruits "domestiques",

· d'estimer les vitesses sismiques et les propriétés d'atténuation dans le pilier.

Par ailleurs, des travaux de tomographie furent accomplis à la mine Pierre Beauchemin, Evain, P.Q., ainsi qu'à la mine Geco, Manitouwadge (Ont.), durant l'année 1989, afin de définir la qualité du roc du pilier de surface. L'expérience acquise lors des travaux de terrain et les résultats obtenus

serviront de référence à la planification, l'organisation et la mise en oeuvre du projet à Sigma.

Le rapport emprunte le cheminement suivant. Le chapitre 2 résume l'environnement géologique de la mine Sigma. Le chapitre 3 introduit le lecteur au site à investir, et présente les résultats d'une reconnaissance géotomographique effectuée sur le pilier à l'étude. Un patron de forage est ensuite suggéré et la campagne de terrain est brièvement décrite. Les coûts qui y sont associés sont exposés dans le dernier chapitre.

2. GÉOLOGIE

2.1 Géologie régionale

La mine Sigma se situe dans la ceinture volcanique d'Abitibi faisant partie de la province structurale du Supérieur dans le Bouclier Canadien.

Cet assemblage de roches volcano-sédimentaires d'âge archéen est envahi d'intrusions granitiques à mafiques, et entrecoupé de dykes de diabase tardifs (figures 1 et 2). La région subit d'immenses plissements de telle sorte que la plupart des strates sont sub-verticales. Elle est caractérisée par un faciès de schiste vert, et de basse pression (Darling et al., 1985).

La partie sud-est de la ceinture d'Abitibi recoupe les formations de la région Malartic-Val d'Or dont Latulippe (1966) a défini les principales unités lithostratigraphiques:

1) Groupe volcanique de Malartic, qui se divise en deux:
   - Malartic Inférieur (au nord), caractérisé par des laves ultramafiques et des basaltes.
   - Malartic Supérieur (au sud), caractérisé par des basaltes et des andésites.

Ils sont tous les deux fortement inclinés (80° vers le nord) avec une direction principale est-ouest. La plupart des mines de la région de Val d'Or se retrouvent dans ces unités ou à proximité. Le gisement de Sigma se situe près de la base du Malartic Supérieur.

La faille Cadillac sépare ce groupe du Groupe de Pontiac.

2) Groupe sédimentaire de Pontiac (partie sud de la région) est formé de conglomérats, d'argillites, de grauwackes et de schistes à mica.

3) Intrusions granitiques et granodioritiques qui recoupent les unités volcaniques du Groupe de Malartic.

A titre d'exemple, le gisement Ferderber de la mine Belmoral se retrouve à l'intérieur du batholite de Bourlamaque, qui fait partie de cette dernière unité.

2.2 Géologie locale

Le gisement d'or de la mine Sigma se retrouve dans une bande de métavolcaniques recoupées par une diorite porphyrique irrégulière et par des dykes de porphyre feldspathique (figure 2).

Les métavolcaniques sont principalement composées d'une andésite massive à coussinée, de quelques lentilles de tufs basiques et intermédiaires, et de tufs à lapilli. Ces roches possèdent une orientation ouest-est et un pendage nord, et présentent une foliation sub-verticale.

La diorite porphyrique qui traverse les andésites forme une masse irrégulière dont la proportion augmente avec la profondeur et est principalement localisée autour du puits. Elle possède une foliation régionale d'orientation est qui est moins bien définie que celle des volcaniques. Les contacts entre la diorite et les métavolcaniques sont généralement sub-verticaux.

Les étroits dykes de porphyre feldspathique (3m en moyenne) possèdent une extension de plus de 500m. Ils ne présentent aucune déformation et possèdent une direction de 75° et 90° est avec un pendage de 75° à 85° sud. Quelques étroits dykes dioritiques (sub-verticaux et généralement de direction est) et dykes de diabase (direction nord et pendage ouest) recoupent les dykes porphyriques. Ils ne présentent aucune déformation et symbolisent un événement tardif.

La minéralisation aurifère dont la genèse est associée à des fluides hydrothermaux se restreint aux veines présentes dans les zones de cisaillement et de fractures. Elles sont composées de quartz, tourmaline et possèdent une quantité mineure de pyrite, carbonate, chlorite et scheelite. La minéralisation se présente généralement sous forme d'or natif.

Les veines minéralisées furent identifiées comme des événements tardifs puisqu'elles recoupent les différentes unités de roches (à l'exception des dykes de diabase). Deux principaux types de veines furent identifiés soient les veines sub-verticales et obliques.

1) Veines sub-verticales

Robert et al. (1983) décrivirent les veines sub-verticales comme étant des lentilles minéralisées occupant la partie centrale des zones de cisaillement ductiles, de grande extension latérale et verticale (plus de 500m), dont la largeur usuelle est de 4m, et dont la direction générale est est-ouest et le pendage 70° sud.

On peut rencontrer plusieurs lentilles minéralisées dans une même zone de cisaillement. Elles sont séparées de matériaux stériles. Elles peuvent atteindre jusqu'à 300m de longueur par 3m de largeur. La foliation possède la même orientation (est-ouest) que celle de la zone de cisaillement, mais le pendage varie au travers de la zone.

2) Veines obliques

Les veines obliques se présentent sous forme tabulaire ou comme une série de lentilles disposées en échelon sub-horizontalement, avec une orientation générale nord et un pendage de 0° à 40° ouest. L'épaisseur de ces veines atteint en moyenne 10cm. On les rencontre principalement dans la diorite porphyrique (veines plates) et dans les dykes de porphyre feldspatique (veines en filonnet).

2.3 Structure

Les principaux éléments structuraux rencontrés à la mine Sigma sont les zones de cisaillement. On les rencontre généralement dans la diorite porphyrique et elles peuvent mesurer quelques centimètres à près de 3 mètres d'épaisseur. Deux zones principales furent identifiées: la première se trouvant au sud du site, parallèle à la route 117 et la seconde plus au nord, au contact des andésites coussinées et des tufs. Elles possèdent toutes deux une direction est-ouest avec un pendage sub-vertical.

Entre ces deux zones majeures, on dénombre approximativement 25 autres zones possédant un pendage sud variant de 60°/70° à 45°/50° en se rapprochant de la zone de cisaillement du sud (Les Mines Sigma, 1983).

Golder Associates (1983) effectuèrent des levés géostructuraux dans certains chantiers des niveaux 12 à 14. Ils y observèrent deux familles de joints. La première possède une direction de 280° à 290° avec un pendage de 70° à 80° et la seconde de 100° à 110° avec un pendage de 60° à 70°. Ces orientations correspondent respectivement aux orientations de la foliation et de la minéralisation. Ces familles sont composées de joints continus et espacés de 3cm à 15cm près de la zone minéralisée.

3. INVESTIGATION DU SITE

3.1 Localisation du pilier de surface

Le pilier de surface présentement à l'étude se situe au-dessus de l'ancien chantier 102-W-CM, entre les monteries 3 et 5 (figure 3). A cet endroit, le pilier possède une épaisseur approximative de 10 mètres, et est passablement dénudé, la couverture de mort-terrain étant pratiquement absente (1 à 2 mètres au maximum).

De nombreuses installations de surface (transformateur, garage et chambre des treuils à moins de 40m, route 417 conduisant à Val d'Or à moins de 90m...) se trouvent à proximité du pilier de surface à l'étude, pouvant diminuer la qualité du rapport signal/bruit lors des travaux sismiques. Des travaux de reconnaissance effectués à la mine Sigma ont permis de vérifier la présence de bruits sur les réponses sismiques, et sont résumés ci-après.

3.2 Travaux séismiques antérieurs

Le rapport #RP002DSS faisant partie du contrat #23440-7-9153/01-SS relate des travaux de reconnaissance effectués à la mine Sigma.

La fréquence dominante au niveau du bruit était peu élevée (88 Hz) avec une bande de fréquences modérée (limite supérieure: 304 Hz). Lors des travaux futurs, il est recommandé d'utiliser un filtre qui éliminera les basses fréquences non-désirées.

D'après les investigations tomographiques, des fréquences jusqu'à 5 kHz furent transmises à travers 14m de roche. L'identification des premières arrivées fut possible et définit la distribution des vitesses (ondes P) dans le pilier. Dans la direction parallèle au pilier minéralisé, les vitesses séismiques sont inférieures près de la surface. Les compétences mécaniques de la roche seraient réduites dans la direction perpendiculaire, d'après la réduction des vitesses séismiques dans cette direction.

Les ondes de cisaillement ne purent être observées lors de ces travaux d'investigation. Le choix d'un plus grand échantillonnage lors de l'enregistrement des données et le couplage des transmetteurs et récepteurs seront améliorés dans l'avenir afin de tenter de pallier à ce problème.

4. CAMPAGNE GÉOTOMOGRAPHIQUE

La future campagne de géotomographie a comme objectifs:

- de délimiter les structures présentes et définir la qualité du roc dans le pilier et ses épontes avoisinantes,
- de délimiter les anciens chantiers qui circonscrivent le pilier que la mine désire exploiter.

Pour atteindre ces objectifs, trois principaux plans d'analyse, P1, P4 et P7 (figure 4) furent définis perpendiculairement à l'orientation de la structure et veines sub-verticales (est-ouest). De nombreux obstacles (puits, monteries, bâtiments, chantiers et galeries souterrains) limitent l'emplacement des forages verticaux (l'expérience sur le terrain suggère de tels forages). Ces plans permettront d'avoir une image 2-D du pilier et tenter de vérifier l'anisotropie du roc dans cette orientation de plan.

De nombreux plans permettant de représenter la troisième dimension pourront être réalisés (P2, P3, P5, P6). Le plan P8 sera également effectué pour définir le pilier suivant cette orientation.

D'après l'expérience acquise lors des campagnes antécédentes, l'auteur estime pouvoir effectuer 1 balayage par jour (approximativement 40 détonations) pour un séjour de:

16 jours: Campagne tomographique,
6 jours: Campagne de diagraphie vidéo,
6 jours: Transport
- 3 jours pour aller à Kingston (transport et acquisition du matériel),

- 1 jour pour l'aller Ottawa - Val d'Or,
- 1 jour pour le retour Val d'Or - Ottawa,
- 1 jour pour le trajet Ottawa - Kingston - Ottawa.

4 jours: Imprévues

Les campagnes géotomographique et de diagraphie vidéo sont planifiées sur une semaine de 6 jours, pour un total de 35 jours de campagne de terrain (campagne de forage exclue).

5. COÛTS ASSOCIÉS AUX CAMPAGNES DE FORAGES ET DE TERRAIN

Les coûts associés à la campagne de forages sont présentés au tableau 1.

Tableau 1. Coûts associés à la campagne de forage

For. #	Profondeur (m/pi)	Coordonnées (long/latt.)	Mort terrain (m/pi)	Tube ($)	Sabot ($)	Forage ($)	Orient. forage (rbr/$)
F1	40/131	4913E/5023N	2.3/7.5	121	226	2306	4/264
F2	25/82	4950E/4895N	4.4/14	209	226	1443	3/198
F3	40/131	5003E/5045N	2.3/7.5	121	226	2306	4/264
F4	40/131	5025E/4970N	4.3/14	209	226	2306	4/264
F5	40/131	5085E/5060N	2.3/7.5	121	226	2306	4/264
F6*	40/131	5115E/4978N	4.3/14	209	226	2306	4/264
				990	1356	12973	1518
						15319	1518
							16837

*: L'emplacement de ce forage doit être vérifié par le personnel de la mine Sigma (présence d'une réserve de minerai en surface (pile) qui devrait être récupérée avant le 15 avril 90).

Les coûts sont basés sur un entretien téléphonique en janvier 1990 avec la compagnie N. Morissette Canada inc. à Val-d'Or. A ce jour, les coûts estimés étaient de:

- Forage au diamant: 16$/pi pour un diamètre NQ (3")
- Tubage jusqu'au roc: (dia. NW)
  - tube de 10': 110$
  - tube de 2': 40$
  - sabot du tube: 205$
- Orientation de forage: 60$/test
  (utilisation du Tro-pari pour les trous verticaux)

Tous ces coûts furent majorés de 10% dans le calcul des coûts associés à la campagne de forage.

Les différents plans qui seront exécutés lors de la campagne géotomographique sont résumés dans le tableau ci-après, avec quelques informations supplémentaires. Les plans devraient être réalisés successivement de P1 à P8. Le nombre de détonateurs séismiques nécessaires lors de la campagne fut calculé et les coûts associés suivent. Le véhicule et l'essence nécessaire pour le déroulement du projet seront fournis par EMR Canada.

Tableau 2. Coûts associés à la campagne de géotomographie

Plan	Forages* Tx	Rx	Dist. section (m/pi)	Nbre de traces[1]	Nbre détonateurs[1]
P1	F1	F2	40. / 131.	960	88
P2	F1	F4	38. / 126.	1200	88
P3	F1	F3	49. / 161.	960	88
P4	F3	F4	24. / 79.	1200	88
P5	F5	F6	40. / 131.	1200	88
P6	F5	F4	38. / 124.	1200	88
P7	F5	F6	31. / 103.	1200	88
P8	F6	F2	57. / 186.	960	88
				Total:	704

*: Tx: trou émetteur d'énergie
Rx: trou récepteur

[1]: voir détail en annexe 1

Le type de détonateur électrique utilisé est: Seismic MK2 fabriqué par CXA Ltée à Brownsburg, Qc. ((514)-533-4201).

En décembre 1989, les coûts étaient de:

100 détonateurs à fils de 1m de long: 166.09$
100 détonateurs à fils de 5m de long: 285.50$

Les campagnes tomographiques ne nécessitent pas une longueur importante de fils, les détonateurs à fils de 1m sont pleinement satisfaisants.

En arrondissant à 200$ la boîte de 100 détonateurs (facteur de sécurité), nous obtenons un minimum de coûts (pour les plans planifiés ci-dessus) de:

7 boîtes x 200$ = 1400 $

Les dépenses de la campagne de forage et de tomographie se résument donc à: 18 237 $.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier le Dr. Paul Young de Queen's University, à Kingston (Ontario), et son équipe, pour leur aide technique, et le personnel de la Mine Sigma, particulièrement Christian Pichette, pour leur intérêt et assistance au projet, ainsi que Denis Labrie et Marc Bétournay (LRM, CANMET) pour la révision de ce rapport.

RÉFÉRENCES

DARLING, R., VU, L., POPOV, V., DUSSAULT, C., WAITZENEGGER, B. "Géologie de la mine Belmoral, Val d'Or, Québec"; Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Rapport MB 85-41, 1985, 57p.

GOLDER ASSOCIATES. Report to Les Mines Sigma (Quebec) Limitee on "Stability Study for Proposed 1404 Longhole Stope, Sigma Mine, Val d'Or, Qc."; 831-1233, 1983. 17p.

LATULIPPE, M. "The Relationship of Mineralization to Precambrian Stratigraphy in the Matagami Lake and Val d'Or Districts of Quebec"; Geol. Assoc. Can., Special Paper 3, 1966, p. 21-42.

LES MINES SIGMA. "Sigma 1937-1987 '50 ans'; General Data on Sigma Mines (Quebec) Limited, Val d'Or, P.Q."'; 1987, 39 p.

ROBERT, F., BROWN, A.C., AUDET, A.J. "Structural Control of Gold Mineralization at Sigma Mine, Val d'Or, Quebec"; CIM Bulletin, vo. 76, no.850, 1983, pp.72-80.

YOUNG, R.P., TALEBI, S., McCREARY, R.G. "An Analysis of Seismic Data from a Reconnaissance Survey of a Surface Crown Pillar at Sigma Mine, Val d'Or, Quebec"; Departement of Geological Sciences, Queen's University for CANMET - DSS Contract #23440-7-9153/01-SS on Seismic characterization of discontinuities and anomalous rock quality within mine surface crown pillars using attenuation and velocity imaging, 1988.

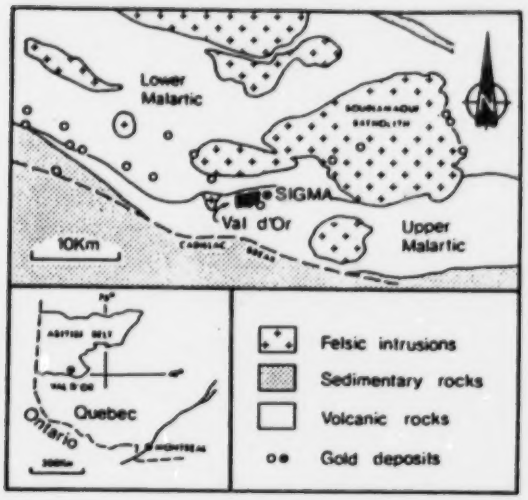

Figure 1. Carte de localisation et géologie régionale de la région de Val d'Or.
(d'après Robert et al., 1983)

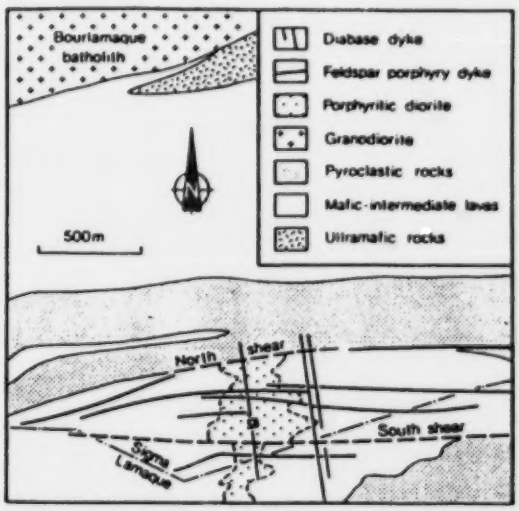

Figure 2. Géologie de surface à la mine Sigma.
(d'après Robert et al., 1983)

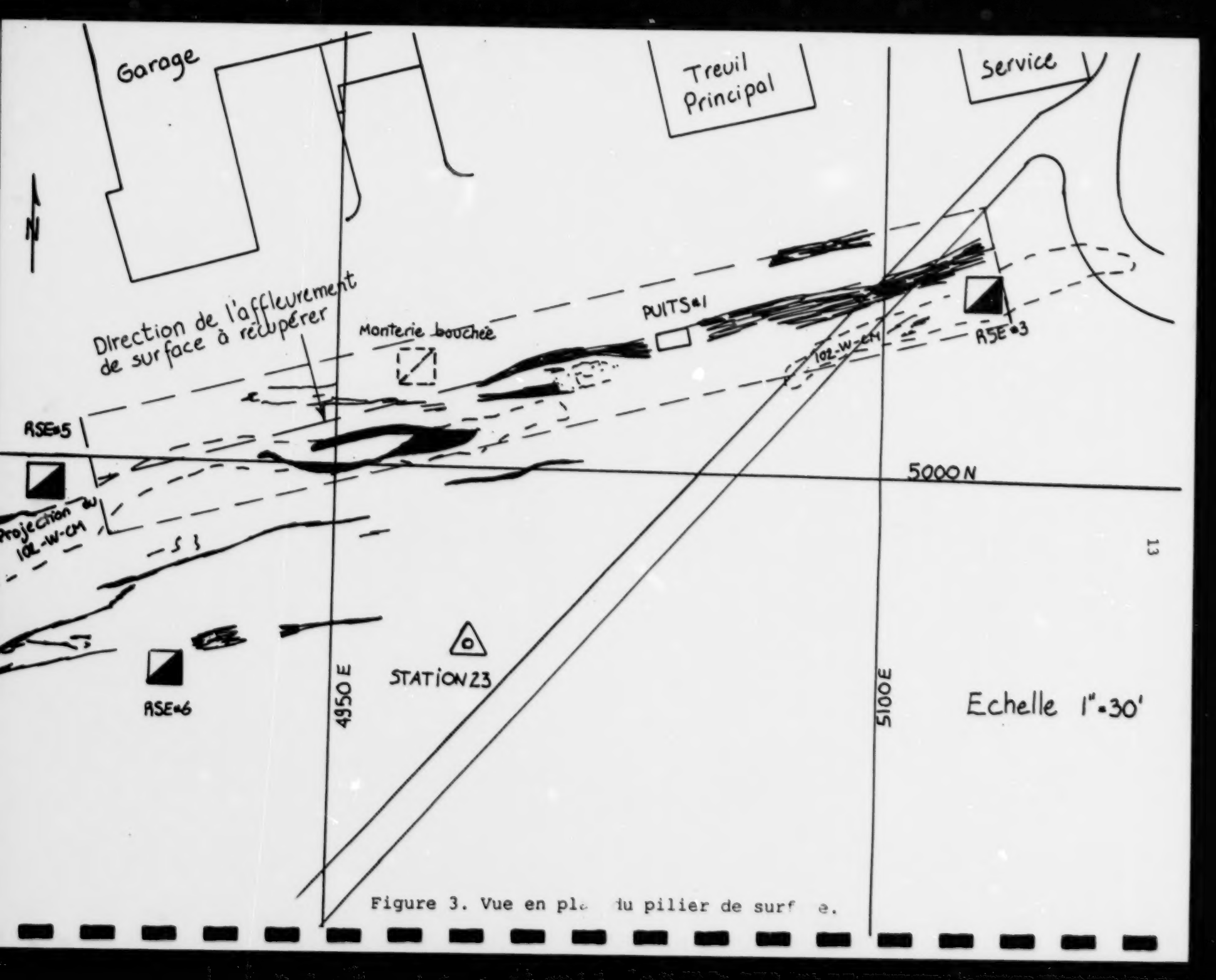

Figure 3. Vue en plan du pilier de surface.

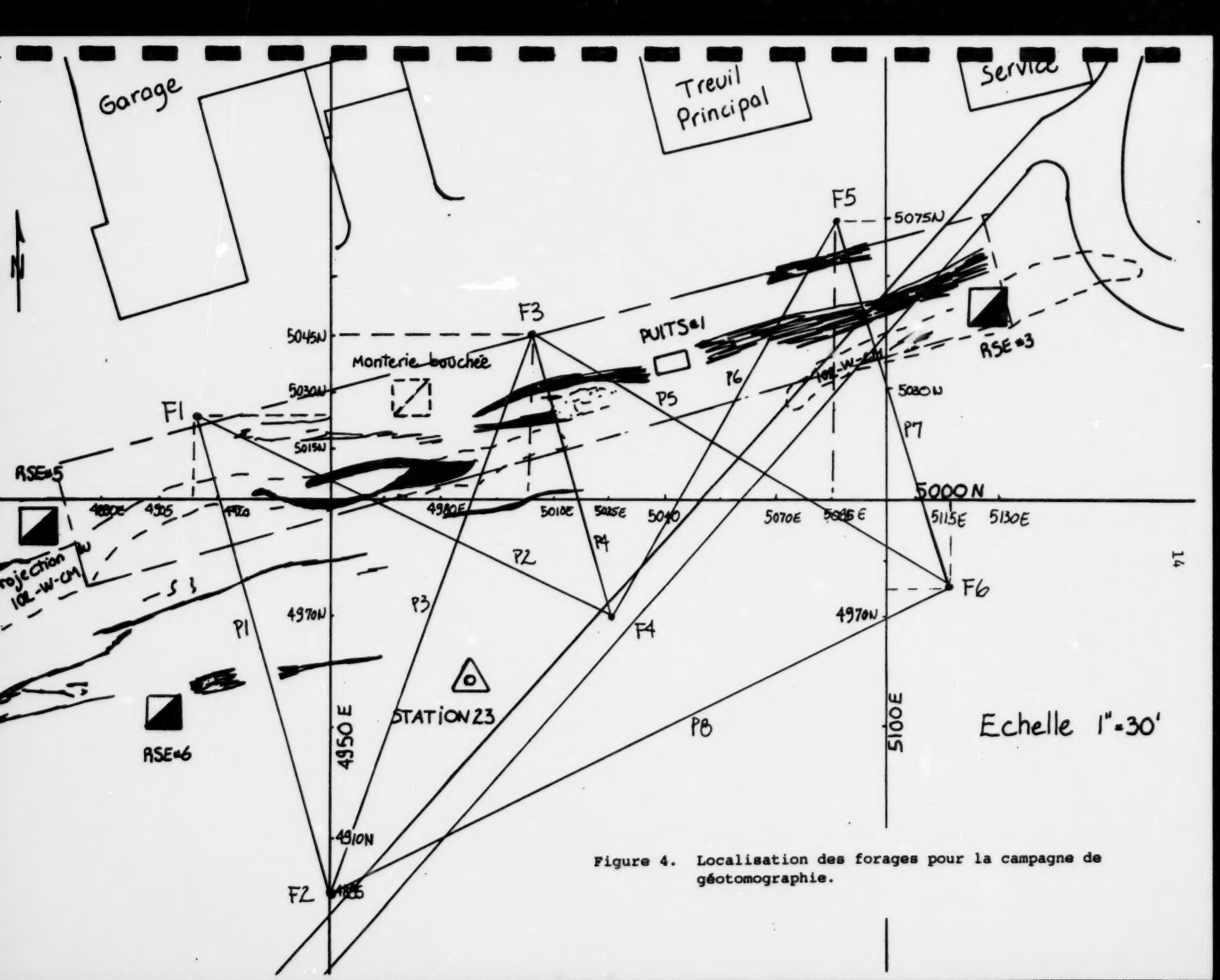

Figure 4. Localisation des forages pour la campagne de géotomographie.

ANNEXE 1 Calcul du nombre de traces et détonateurs plan à couvrir

Plan P1, P3, P8

Profondeur (m)		
Tx		Rx
1	*	1
2	*	2
3	*	3
4	*	4
5	*	5
6	*	6
7	*	7
8	*	8
9	*	9
10	*	10
11	*	11
12	*	12
13	*	13
14	*	14
15	*	15
16	*	16
17	*	17
18	*	18
19	*	19
20	*	20
21	*	21
22	*	22
23	*	23
24	*	24
25		25
26		
27	B	B
28	a	a
29	l	l
30	a	a
31	y	y
32	a	a
33	q	q
34	e	e
35	1	2
36		
37		
38		
39		
40		

Tx: Trou émetteur
Rx: Trou récepteur
*: Emplacement des hydrophones

Nombre maximal de traces

Balayage 1
40 détonations x 12 (Rx) = 480

Balayage 2
40 détonations x 12 (Rx) = 480

960

Nombre de détonateurs nécessaires

2 balayages x 40 détonations (à tous les mètres) = 80 détonateurs

80 déton. + 10% déton. (ratés et tests) = 88 détonateurs

Plans P2, P4, P5, P6, P7

Profondeur (m)

Tx		Rx
1	*	1
2		2
3	*	3
4		4
5	*	5
6		6
7	*	7
8		8
9	*	9
10		10
11	*	11
12	*	12
13	*	13
14	*	14
15	*	15
16	*	16
17	*	17
18	*	18
19	*	19
20	*	20
21	*	21
22	*	22
23	*	23
24	*	24
25	*	25
26	*	26
27	*	27
28	*	28
29	*	29
30	*	30
31		31
32	*	32
33		33
34	*	34
35		35
36	*	36
37		37
38	*	38
39		39
40	*	40

B a l a y a g e 1 — B a l a y a g e 2

Nombre maximal de traces pour chaque plan

Balayage 1
40 détonations x 15 (Rx) = 600

Balayage 2
40 détonations x 15 (Rx) = 600

1200

Nomber de détonateurs nécessaires pour chaque plan

2 balayages x 40 détonations (à tous les mètres) = 80 détonateurs

80 déton. + 10% déton. (ratés et tests) = 88 détonateurs

Tx: Trou émetteur
Rx: Trou récepteur
*: Emplacement des hydrophones